

шины и агрегаты металлургических заводов : Учебник для вузов. В 3-х томах. Том 3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката / А.И. Целиков, П.И. Полухин, В.М. Гребенник [и др.] – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1988. – 600 с. 6. Полухин В.П. Математическое моделирование и расчет на ЭВМ листовых прокатных станков / В.П. Полухин. – М. : Металлургия, 1972. – 512 с. 7. Формалев В.Ф., Ревизников Д.Л. Численные методы / В.Ф. Формалев, Д.Л. Ревизников. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 400 с. 8. Ашихмин Г.В. Расчет межвалковых давлений в валковых узлах 20-валковых станков с учетом профилировок валков / Г.В. Ашихмин, А.Д. Русаков, А.Н. Самарин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 1993. – №9-10. – С. 24-27. 9. Прокатные станы. Справочник в 3-х томах. Т. 3. Листопрокатные станы и профилигибочные агрегаты / В.Г. Антипин, Д.К. Нестеров, В.Г. Кизиев [и др.] – М. : Металлургия, 1992. – 428 с.

Надійшла до редколегії 25.10.2012

УДК 621.771.073 : 621.771.237

Расчетное определение межвалковой погонной загрузки в клетях «кварто» станков холодной прокатки с учетом влияния профилировки и противовигиба рабочих валков / Присяжный А. Г. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – №47(953). – С. 153-159. – Бібліогр.: 9 назв.

У статті представлена математична модель, призначена для розрахунку міжвалкового погонного навантаження в клітках «кварто» станів холодної прокатки тонких штаб з урахуванням профілювання та противовигину робочих валків. Отримані в результаті числової реалізації представленої математичної моделі розрахункові розподіли міжвалкового погонного навантаження по довжині контакту опорних і робочих валків відповідають наявним в літературі експериментальним даним.

Ключові слова: валки, міжвалкове погонне навантаження, профілювання, противовигин, пружне стиснення.

A mathematical model, which is intended for the calculation of force between the supporting and working rollers of the cold rolling of thin bars, is presented in the article. A mathematical model takes into account influence of profiling and hydraulic bend of working roller. As a result of numeral realization of mathematical model were got distributing of force between the supporting and working rollers. Results, which are got, correspond results, which are present in literature.

Keywords: rollers, force between rollers, profiling, hydraulic bend, resilient compression.

УДК 669.1, 519.2

А. С. РУДЮК, канд. техн. наук, зам. ген. директора, ГП «УкрНТЦ «Енергосталь», Харків

Я. М. ПЫХТИН, зав. отд. стандартизации, ГП «УкрНТЦ «Енергосталь», Харків

В. Н. ЛЕВЧЕНКО, канд. техн. наук, ст. научн. сотр., НТУ «ХПІ», ГП «УкрНТЦ «Енергосталь», Харків

Т. А. ЦАРЕВА, инженер, ГП «УкрНТЦ «Енергосталь», Харків

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОРТОВОГО И ФАСОННОГО ПРОКАТА

В статье рассмотрены вопросы создания программного продукта, позволяющего автоматизировать расчеты статистических показателей механических свойств сортового и фасонного проката. Разработанное программное обеспечение может использоваться металлургическими предприятиями стран СНГ для оценки соответствия выпускаемой продукции требованиям действующих стандартов.

Ключевые слова: прокат, стандарт, механические свойства, контроль качества, статистическая обработка, программное обеспечение.

Сортовой и фасонный прокат широко применяется в строительстве для изготовления строительных стальных конструкций со сварными и другими соединениями (уголки, двутавры, швеллеры) и армирования железобетонных конструкций (арматурная сталь).

Сортамент проката для строительных стальных конструкций определен соответствующими стандартами, а технические требования – ГОСТ 27772-88 [1]. Сортамент и технические требования на арматурную сталь регламентирует ГОСТ 5781-82 [2].

Высокие требования предъявляются к горячекатаному прокату для изготовления строительных стальных конструкций с целью повышения надежности и увеличения срока их эксплуатации.

К арматурной стали предъявляются также достаточно жесткие требования: повышенная однородность механических свойств, высокие прочностные и пластические свойства, а также служебные свойства – прочность и жесткость сцепления с бетоном, хорошая свариваемость, коррозионная стойкость и усталостная прочность.

По физико-механическим свойствам и другим показателям качества строительная арматура подразделяется на классы прочности – горячекатаная, термомеханически обработанная или с низкотемпературным отпуском. От характеристик применяемой арматуры во многом зависит эффективность использования железобетонных конструкций в строительстве.

Стандарты [1, 2] предъявляют достаточно жесткие требования к механическим свойствам проката для строительных стальных конструкций и арматурной стали. Соответствие показателей механических свойств партии проката (предел текучести, временное сопротивление, относительное удлинение и ударную вязкость) проверяют с применением методов математической статистики, что предполагает обработку достаточно больших массивов данных, полученных в течение длительного периода производства того или иного вида проката. Такая статистическая обработка является весьма трудоемким процессом в условиях действующего производства. Количество данных по одному или нескольким объединенным массивам для близких типоразмеров для каждого из контролируемых показателей механических свойств может составлять тысячи измерений. Обработка таких объемов информации в ручном режиме требует значительных временных затрат и не гарантирует отсутствия ошибок.

Использование компьютерной техники позволяет автоматизировать и ускорить процесс обработки данных, оценить соответствие показателей данной партии проката требованиям стандарта и их стабильность за различные периоды выпуска продукции. Отсутствие соответствующего программного обеспечения сдерживало применение компьютеров для обработки данных испытаний, оценки и контроля механических свойств проката на предприятиях-изготовителях.

В ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» разработана программа «STAT», позволяющая автоматизировать определение статистических показателей механических свойств сортового и фасонного проката и оценивание их соответствия требованиям стандартов. В основу алгоритмов, используемых в программе «STAT», положены методики расчетов и требования межгосударственных стандартов ГОСТ 27772-88 и ГОСТ 5781-82 [1, 2].

Стандарт ГОСТ 27772-88 «Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия» [1] распространяется на горячекатаный фасонный (уголки, двутавры, швеллеры), листовой, широкополосный универсальный прокат и гнутые профили из углеродистой и низколегированной стали, предназначенные для строительных стальных конструкций со сварными и другими соединениями. Механические свойства при растяжении, ударная вязкость, а также условия испытаний на изгиб должны соответствовать для фасонного проката требованиям, приведенным в стандарте.

Прокат принимают партиями. Партия должна состоять из проката одного размера, одной плавки – ковша, а для термообработанного проката – и одного режима термической обработки. Для проверки механических свойств проката от партии случайно отбирают две штанги, две универсальных полосы, два листа, два рулона. Случайность обеспечивается методом систематического отбора по ГОСТ 18321. При получении неудовлетворительных результатов испытаний по пределу текучести, временному сопротивлению и относительному удлинению

повторные испытания проводят на выборке, отобранной в соответствии со стандартом [1]. Результаты испытаний распространяют на всю партию.

При разработке программного обеспечения использовали методику контроля и оценки механических свойств проката, предназначенную для оценивания соответствия механических свойств партии проката требованиям стандарта. Заданная вероятность выполнения норм предела текучести, временного сопротивления и относительного удлинения каждой партии и всего объема поставляемого проката достигается статистической оценкой уровня и неоднородности свойств металла при определенном технологическом процессе, а также процедурой контроля, предусмотренными настоящим стандартом и осуществляемыми изготовителем.

Оценивание соответствия механических свойств каждой партии требованиям стандарта и дифференцирование партий по прочности сталей С245 и С275, а также С255 и С285, С345 и С375 осуществляется на основании результатов испытаний образцов, отобранных и изготовленных в соответствии с требованиями стандарта [1]. Механические свойства проката, изготовленного из одной стали, на одном стане, одного или группы близких профилеразмеров, одного варианта химического состава образуют генеральную совокупность. Оценивание параметров, отражающих уровень и неоднородность контролируемой характеристики проката в генеральной совокупности, проводится на основании результатов первичных испытаний, образующих выборку.

Выборка должна быть представительной и включать все результаты первичных испытаний за достаточно длительный промежуток времени (не менее полугода), в течение которого технологический процесс не претерпевал направленных изменений (смены агрегатов, способов разлива, изменения сырья, развеса слитка, температурного режима прокатки и т.п.). Минимальный объем выборки (N) 250 партий-плавов. Для получения представительных выборок возможна группировка профилей разных размеров в одну совокупность с проверкой неоднородности общей выборки.

При статистической обработке результатов испытаний, образующих выборку, определяют выборочное среднее (\bar{X}) по формуле

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \bar{X}_i \quad (1)$$

где X_1, X_2, \dots, X_N – совокупность значений случайной величины X , образующих выборку, и несмещенную оценку среднего квадратичного отклонения (S) по формуле

$$S = \sqrt{\frac{2}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2} \quad (2)$$

а также разность между \bar{X} и нормативным значением C , приведенным в стандарте [1].

Оценку среднеквадратичного отклонения предела текучести, временного сопротивления и относительного удлинения в партии определяет предприятие-изготовитель экспериментально. Испытывается не менее трех случайных партий проката, входящих в данную генеральную совокупность. От каждой партии испытывается не менее 50 образцов, отобранных случайно.

Для последующего использования принимается величина S_0 , полученная как среднеарифметическое значение выборочных среднеквадратичных отклонений в испытанных партиях, вычисленных по формуле (2).

Оценивание соответствия механических свойств партий листового, широкополосного или фасонного проката требованиям стандарта проводят по результатам испытания на растяжение двух образцов (n). Среднеарифметические значения (\bar{X}_n) этих результатов для предела текучести, временного сопротивления и относительного удлинения должны быть не меньше соответствующих значений приемочных чисел (C_n), определяемых по формуле

$$C_n = \frac{1}{n} \cdot [C \cdot (d+n) + 1,64 \cdot S_0 \cdot \sqrt{(d+n) \cdot (d+n+1)} - d \cdot \bar{X}], \quad (3)$$

$$\text{где } d = \frac{S_0^2}{S^2 - S_0^2}.$$

Механические свойства арматурной стали должны соответствовать нормам, указанным в стандарте [2]. Статистические показатели механических свойств арматурной стали периодического профиля с повышенной однородностью механических свойств должны соответствовать дополнительным требованиям данного стандарта. Арматурную сталь принимают партиями, состоящими из профилей одного диаметра, одного класса, одной плавки-ковша и оформленными одним документом о качестве. Для проверки на растяжение, изгиб и ударную вязкость от партии отбирают два стержня. От каждого отобранного стержня для испытания на растяжение, изгиб и ударную вязкость отрезают по одному образцу.

Предприятие-изготовитель гарантирует потребителю средние значения временного сопротивления σ_b и предела текучести (физического σ_T и условного $\sigma_{0,2}$) в генеральной совокупности – \bar{X}_i и минимальные средние значения этих же показателей в каждой партии-плавке – \tilde{X}_i значения которых устанавливаются из условий:

$$\bar{X}_i \geq X_{i \text{ бр}} + t \cdot S; \quad (4)$$

$$\tilde{X}_i > 0,9 \cdot X_{i \text{ бр}} + 3 \cdot S_0; \quad (5)$$

$$\tilde{X}_i \geq X_{i \text{ бр}}, \quad (6)$$

где $X_{i \text{ бр}}$ – браковочные значения величин σ_b , $\sigma_{0,2}$, указанные в соответствующей таблице стандарта [2];

t – величина квантиля, принимаемая равной 2 для классов А-II (А300) и А-III (А400) и 1,64 для стержней классов А-IV (А600), А-V (А800) и А-VI (А 1000).

Требуемые показатели качества механических свойств профилей на предприятии-изготовителе обеспечиваются соблюдением технологии производства и контролируются испытанием согласно требованиям стандарта [2]. Величины \bar{X}_i , \tilde{X}_i , S и S_0 устанавливаются в соответствии с результатами испытаний и положений [2].

Методика определения статистических показателей прочностных характеристик механических свойств проката горячекатаного для армирования железобетонных конструкций распространяется на горячекатаный, ускоренно-охлажденный, термомеханически и термически упрочненный прокат периодического профиля, изготовленного в мотках или стержнях. Методика применяется при оценке надежности механических свойств в каждой партии-плавке и арматурной стали в целом, контроля стабильности технологического процесса. Соответствие механических свойств проката требованиям нормативно-технической документации определяется на основании статистической обработки результатов испытаний проката одного класса, одной марки и способа выплавки стали, прокатанной на один или группы близких профилей-размеров, образующих выборку из генеральной совокупности. Выборка, на основании которой производится расчет статистических показателей, должна быть представительной и охватывать достаточно длительный промежуток времени, но не менее трех месяцев, в течение которого технологический процесс не изменяется. Количество партий-плавков в каждой выборке должно быть не менее 50.

При статистической обработке определяется среднее значение \bar{X} , среднее квадратичное отклонение S каждой выборки (генеральной совокупности), среднее квадратичное отклонение внутри партии-плавки S_0 , а также среднее квадратичное отклонение плавочных средних S_1 , определяемое по формуле

$$S_1 = \sqrt{S^2 - S_0^2}. \quad (7)$$

Проверку стабильности характеристик \bar{X} и S проводят в соответствии с ОСТ 14-34-78 [3].

Величина S_0 определяется для ускоренно-охлажденной, термомеханически и термически упрочненной арматурной стали только экспериментальным методом, для горячекатаной – экспериментальным методом и методом размаха по формуле

$$S_0^2 = \frac{\bar{\omega}^2 + S_{\omega}^2}{2}, \quad (8)$$

где $\bar{\omega}$ и S_{ω} соответственно среднее значение и среднее квадратичное отклонение распределения размаха по двум испытаниям от партии.

Величина минимального среднего значения прочностных характеристик (σ_T ($\sigma_{0,2}$), σ_B) в каждой партии-плавке \bar{X}_2 определяется из условия $\bar{X}_i = \bar{X} - t \cdot S_1$, где t – величина квантиля 1,64 для вероятности 0,95.

Минимальное значение результатов испытаний на растяжение двух образцов ($n = 2$) каждой партии, подвергаемой контролю, должно быть не менее X_{min} , определяемого по формуле

$$X_{min} \geq \tilde{X}_i - 1,64 \cdot S_0. \quad (9)$$

Для обеспечения гарантии потребителю механических свойств должны удовлетворяться следующие условия:

$$\bar{X}_i = X_{i \dot{a} \delta} + 1,64 \cdot S; \quad (10)$$

$$\tilde{X}_i \geq X_{i \dot{a} \delta}; \quad (11)$$

$$\tilde{X}_i \geq 0,9 \cdot X_{i \dot{a} \delta} + 3 \cdot S_0, \quad (12)$$

где $X_{i \dot{a} \delta}$ – браковочное значение σ_T ($\sigma_{0,2}$) и σ_B , указанное в соответствующей нормативно-технической документации.

Программа STAT разработана в среде Windows XP, для ее создания использовались инструменты, работающие под управлением этой операционной системы, и сама программа, предназначенная для использования в этой среде, является ее естественным продуктом. Поэтому данная программа является типичным примером приложения (прикладной программы), работающей в среде Windows XP, с соответствующим пользовательским интерфейсом, правилами работы и т.д. Программа разработана в системе Lazarus (компилятор Free Pascal) на языке Паскаль. Она использует современные технологии объектно-ориентированного программирования и имеет дружественный пользователю интуитивно-понятный интерфейс (рис. 1). Программа создавалась с учетом уровня компьютерной техники и системного программного обеспечения, используемого на современных предприятиях.

Минимальные системные требования: персональный компьютер (ПК) с операционной системой Microsoft Windows XP; процессор с тактовой частотой не ниже 233 МГц (Intel или AMD); объем свободного места на носителе, необходимого для работы программы не менее 1 Мб (с возможностью записи программой информации на этот носитель); установленные приложения MS Excel и Word из пакета MS Office 2003 или более поздней версии.

Необходимость в установленных на компьютере приложениях MS Excel и MS Word обусловлена тем, что при работе программа использует OLE (Object Linking and Embedding) технологии для создания объектов вышеуказанных приложений и работы с ними. Это необходимо для чтения пользовательской информации из документов MS Excel и создания отчетов работы программы в виде документов MS Word.

Пользователь может выбрать вид проката (сортовой или фасонный), для которого необходимо оценить соответствие механических свойств требованиям соответствующего

стандарта, систему единиц СИ (по умолчанию) или техническую систему, в которой будет осуществлен ввод данных, расчеты и вывод полученных результатов. В основном окне программы (см. рис. 1) можно выбрать контролируемое механическое свойство, для которого будет выполняться расчет.

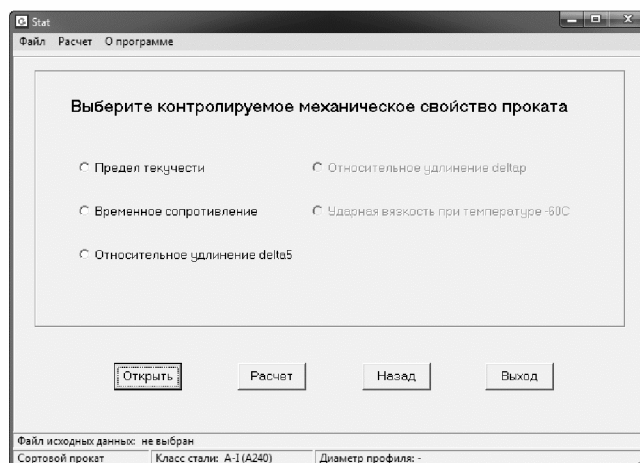


Рис. 1 – Интерфейс программы STAT

Программа проверяет наличие установленного на компьютере MS Excel. При наличии в документе (книге) нескольких листов пользователю будет выдано соответствующее сообщение с предложением выбрать лист, который содержит исходные данные. Программа автоматически определяет количество столбцов (партий) и строк (проб) в открытом документе (во всей выборке) и осуществляет контроль правильности числовой информации, содержащейся в соответствующих ячейках выбранного листа документа MS Excel с исходными данными. По результатам такой проверки при наличии хотя бы одной ошибки генерируется текстовый файл, содержащий информацию обо всех ячейках с ошибочными данными с указанием номеров строк и столбцов. Такие данные игнорируются и в дальнейшем расчете не учитываются. Пользователь может выбрать временной период, для которого будет сформирована генеральная совокупность данных, используемая при анализе. Также с целью получения более представительных выборок предусмотрена возможность объединения данных для группы близких профила размеров в общую совокупность.

В программе предусмотрена визуализация сформированной выборки данных и проверка на соответствие этих данных нормальному распределению в соответствии с требованиями [1] и [2]. Также предусмотрена функция оценки резко отличающихся (сомнительных) данных с возможностью и их исключения (отсева) из выборки. По результатам обработки выборки программа строит графики экспериментального (фактического) и теоретического распределений (рис. 2). График экспериментального (фактического) распределения строится на основе расчета количества попаданий значений выборки в тот или иной подинтервал (длина и количество подинтервалов рассчитываются программой автоматически). Теоретическая кривая соответствует идеальному нормальному распределению. Сопоставление этих графиков позволяет качественно оценить, соответствует ли распределение данных исследуемой выборки нормальному распределению. Количественно это соответствие оценивается по критерию Пирсона [4]. На основании сравнения расчетного и допустимого значений этого критерия делается вывод о соответствии (несоответствии) распределения для исследуемой выборки нормальному распределению.

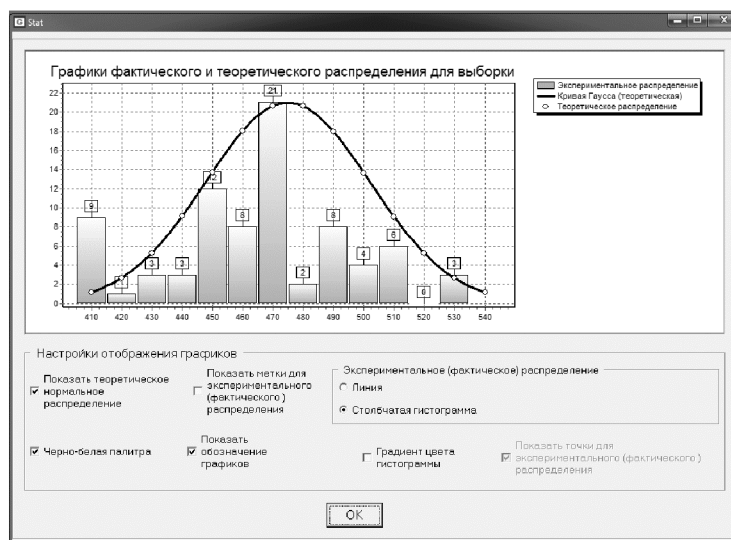


Рис. 2 – Окно программы STAT с графиками фактического и теоретического нормального распределений (фактическое распределение показано в виде столбчатой гистограммы)

Графики экспериментального (фактического) и теоретического распределений автоматически вставляются в отчет работы программы (документ MS Word) и могут быть свободно просмотрены и распечатаны. Также в отчет заносится информация о результатах проверки на нормальность распределения.

Согласно методике, приведенной в [1, 2], для проведения расчетов требуется выбор двух и трех партий соответственно случайным образом из общей выборки, причем количество данных в каждой должно быть не менее 100 и 50. Выбранные партии должны быть оригинальными. Программа автоматически осуществляет выбор партий, содержащих не менее требуемого числа значений, с использованием генератора случайных чисел.

В методике, изложенной в стандарте [1], в программе предусмотрено определение среднего квадратичного отклонения S_0 методом размаха. С использованием среднего квадратичного отклонения S_0 , полученного методом размаха [3], вычисляются соответствующие величины, значения которых выводятся пользователю в виде сообщений наряду со значениями, полученными экспериментальным методом. Данные и выводы по соответствию требованиям стандарта, полученные на основе использования метода размаха так же, как и на основе экспериментального метода, выводятся в файл отчета программы.

После завершения расчета пользователю предлагается сохранить отчет работы программы в виде документа MS Word. Программа проведет автоматическую проверку на наличие установленного MS Word на компьютере пользователя. Отчет, формируемый программой, содержит основные результаты проведенного расчета и выводы относительно соответствия исследуемой партии сортового проката требованиям (3) или (10–12) по выбранному пользователем механическому свойству. Полученный файл отчета можно открыть, прочитать и распечатать точно так же, как любой другой документ, в MS Word. Хотя программа создавалась и тестировалась для MS Word 2003 (11 версия), проблем при создании и сохранении отчета не возникает как при использовании более ранних, так и более поздних версий этого редактора.

Если результаты проверок для всех контролируемых механических свойств исследуемой партии являются положительными, то считается, что исследуемая партия отвечает требованиям [1] или [2] соответственно по статистическим показателям механических свойств проката.

Разработанное специалистами ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» программное обеспечение опробовано и внедрено на Акционерном производственном объединении «Узбекский

металлургический комбинат» (Бекабад, Узбекистан) – одним из крупнейших производителей арматуры и проката для строительных стальных конструкций в регионе, поставляющим свою продукцию на экспорт. Пользовательский интерфейс программы STAT адаптирован в соответствии с пожеланиями заказчика. Программный продукт прошел апробацию на компьютерном оборудовании предприятия, и тестировался с использованием реальных производственных данных и успешно используется на меткомбинате, в частности для определения статистических показателей механических свойств профилей № 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36 согласно стандарту [2], уголков 50x50x4, 50x50x5, 63x63x5, 75x75x6 и швеллеров П8, П10 согласно стандарту [1].

Область применения разработанного программного обеспечения может быть расширена по желанию потенциального заказчика.

Список литературы: 1. ГОСТ 27772-88 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия. 2. ГОСТ 5781-82 Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. 3. ОСТ 14-1-34-90 Статистический приемочный контроль качества металлопродукции по корреляционной связи между параметрами. 4. *Степнов Н.М., Шаврин А.В.* Статистические методы обработки результатов механических испытаний. Справочник. – М: Машиностроение, 2005. 5. ГОСТ 10884-94 Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций. Технические условия.

Надійшла до редколегії .10.2012

УДК 669.1, 519.2

Разработка программного обеспечения для определения статистических показателей механических свойств сортового и фасонного проката. / Рудюк А. С., Пыхтин Я. М., Левченко В. Н., Царева Т. А. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХП». – 2012. – №47(953). – С. 159–166. – Бібліогр.: 5 назв.

У статті розглянуто питання створення програмного продукту, який дозволяє автоматизувати розрахунки статистичних показників механічних властивостей сортового та фасонного прокату. Розроблене програмне забезпечення може бути використане металургійними підприємствами країн СНД для оцінювання відповідності продукції, що випускається, вимогам діючих стандартів.

Ключові слова: прокат, стандарт, механічні властивості, контроль якості, статистична обробка, програмне забезпечення.

In this article the problem of software development allowing to automate the calculation of mechanical properties statistical parameters of hot-rolled steel for reinforcement of ferroconcrete structures and structure rolled products is considered. The software in CIS metallurgical enterprises for evaluation of manufacturing production conformity with the existing standard requirements is to be used.

Keywords: rolled products, standard, mechanical properties, quality control, statistical data processing, software.

УДК621.771.23

Е. А. РУДЕНКО, док. техн. наук, проф., ДонНТУ, Донецьк

А. Л. ОСТАПЕНКО, канд. техн. наук, НПО «Доникс», Донецьк

Л. А. КУРДЮКОВА, аспірант, ДонНТУ, Донецьк

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ОДНОКЛЕТЬЕВОГО ТОЛСТОЛИСТОВОГО СТАНА

В работе выполнен анализ влияния технологических факторов на производительность одноклетьевого толстолистого стана. В качестве технологических факторов рассмотрены: двухстадийная прокатка, двоякая прокатка, прокатки с промежуточным охлаждением и сочетания этих факторов. Максимальный эффект – повышение производительности на 22% – обеспечивается применением всех трех технологических факторов. Повышение производительности на 12% обеспечивается как при совмещении

© Е. А. Руденко, А. Л. Остапенко, Л. А. Курдюкова, 2012